

REBALANCE TERMÝ V OBLASTI ÚSTÍ NAD LABEM Z HLEDISKA VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

REBALANCE OF THERMAL STRUCTURES IN THE ÚSTÍ NAD LABEM REGION FROM THE POINT OF VIEW OF GEOTHERMAL ENERGY USE

Martin Procházka¹, Zbyněk Vencelides²

¹SG Geotechnika a.s., Geologická 4, 152 00 Praha 5, e-mail: martin.prochazka@geotechnika.cz

²OCHRANA PODZEMNÍCH VOD s.r.o., Bělohorská 31, 169 00 Praha 6, e-mail: vencelides.z@opv.cz

Abstrakt: Jímání a využívání termálních vod bazálního kolektoru české křídové pánve v oblasti tzv. oháreckého riftu probíhá v oblasti Ústí nad Labem nepřetržitě 130 let. Cílem projektu bylo komplexní posouzení možností využití geotermální energie, vázané na výskyt termálních vod, včetně posouzení stavu existujících vrtů jímacích (ale i monitorovacích) na základě karotáže a vyhodnocení bilance termálních vod. V současnosti se v oblasti vyskytuje deset hlubokých vrtů do bazálního kolektoru. Současně proběhla podrobná archivní rešerše, terénní rekognoskace, souhrnné hydrochemické a hydraulické vyhodnocení, včetně zpracování numerického modelu proudění podzemní vody a transportu tepla. Komplexní a systematické vyhodnocení všech dostupných dat umožnilo významným způsobem aktualizovat pohled na ústeckou termální oblast.

Abstract: The extraction and use of thermal waters of the basal collector of the Bohemian Cretaceous Basin in the area of the so-called Ohárecký rift has been taking place continuously in the Ústí nad Labem region for 130 years. The aim of the project was a comprehensive assessment of the possibilities of using geothermal energy, linked to the occurrence of thermal waters, including an assessment of the condition of existing extraction (and also monitoring) wells based on logging and evaluation of the thermal water balance. There are currently ten deep wells in the area into the basal collector. At the same time, a detailed archival search, field reconnaissance, a comprehensive hydrochemical and hydraulic evaluation were carried out, including the processing of a numerical model of groundwater flow and heat transport. A comprehensive and systematic evaluation of all available data made it possible to significantly update the view of the Ústí nad Labem thermal area.

Klíčová slova: geologická stavba, termální voda, archivní rešerše, karotážní měření, bilance termálních vod

Key words: geological structure, thermal water, archival research, well logging, thermal water balance

1. Úvod

Geotermální oblast v okolí Ústí nad Labem se nachází v prostoru tzv. oháreckého riftu, jenž je na SZ ohraničen krušnohorským zlomem a na JV zlomem litoměřickým. Vyznačuje se zvýšenou hodnotou tepelného toku, zhruba o 50% vyšší, než je průměr pro ČR. Překryv oblasti zvýšeného tepelného toku v oháreckém riftu s oblastí existence významného zvodnělého systému v sedimentech české křídové pánve vytváří předpoklad pro existenci termálních vod v tomto území. Zvodnělý systém zasahuje do širší oblasti Ústí nad Labem, Děčína a Benešova nad Ploučnicí, a v celém tomto území jsou termální vody s teplotami 25-31°C dlouhodobě využívány. Vzhledem k prostorově proměnlivé mocnosti vrstev propustných pískovců a jejich posunům na zlomových liniích, jež omezují možnosti proudění podzemní vody, lze vyčlenit samostatnou ústeckou oblast výskytu termálních vod. Na rozdíl od oblasti Děčína a Benešova nad Ploučnicí není v oblasti Ústí nad Labem vyvinut turonský kolektor. Výskyt termálních vod je tady proto vázán na bazální kolektor (cenomanského stáří). V Ústí nad Labem probíhá jímání a využívání termálních vod nepřetržitě již 130 let. V současnosti v oblasti existuje deset hlubokých vrtů. Voda ze tří vrtů slouží pro balneologické účely: vrt ML-2 jako zdroj vody pro provoz Městských lázní, vrt HB-2 jako zdroj pro termální koupaliště v Brně, vrt ULK-1 napájí areál koupaliště na Klíši. Využíván je také vrt ULZOO-1, tepelná energie z něj získávaná se využívá pro vytápění zoologické zahrady Ústí n.L. Vrty HB-1 v Brně, 6412-1C ve Všebořicích a HU-1 v Předlicích v současné době využívány nejsou. Vrty v Předlicích, v Modlanech a dva vrty v Těchlovicích (ty jsou ale pravděpodobně již mimo oblast ústecké termy a lze je řadit do oblasti termy děčínské) využívá Český hydrometeorologický ústav pro dlouhodobé sledování hladin podzemní vody. Hloubky vrtů se pohybují řádově v rozmezí 400-500 m.

2. Dřívější průzkumy v oblasti Ústí nad Labem

Intenzivní průzkumy podmínek výskytu termálních vod v oblasti Teplic a Ústí nad Labem byly zahájeny zejména po průvalu termálních vod teplické termy do dolu Döllinger v Duchcově (10.2.1879) v množství až 30 m³/s, po němž zapadl hlavní pramen teplických term (Pravřídlo). Obnova termálních pramenů a stanovení podmínek pro jejich koexistenci s těžbou uhlí byla pro teplické lázně existenční otázkou. Proto byla v roce 1895 uzavřena dohoda o narovnání mezi majiteli lázní a majiteli dolů, která stanovila kótu pro udržování důlních vod v úrovni +192 m n.m.

V druhé polovině 20.století byl v oblasti mezi Teplicemi a Ústím n.L. proveden rozsáhlý regionální hydrogeologický průzkum, zaměřený na vztah teplických a ústeckých termálních vod, jehož součástí bylo také vyhloubení řady průzkumných vrtů. Skupinová hydrodynamická zkouška vyloučila hydraulickou spojitost termálních podzemních vod v oblasti Ústí n.L. a teplických termálních vod vázaných na těleso teplického ryolitu. V roce 1987 byla zpracována Hydrogeologická syntéza české křídové pánve, která systematicky vyhodnotila všechny dosavadní poznatky o hydrogeologických podmínkách zájmového území. Termálními vodám v oblasti Ústí nad Labem se věnovala řada autorů (například M.Hazdrová, V.Nakládal, J.V.Datel a další).

Podrobné hydrochemické vyhodnocení složení ústeckých termálních vod moderními metodami, včetně posouzení jejich geneze, provedla ve své disertační práci v roce 2015 Dupalová.

Poslední souhrnnou prací, která aktualizuje poznatky o hydrogeologických podmínkách české křídové pánve v oblasti Ústí nad Labem, je zpráva Rebilance podzemních vod České republiky (ČGS 2016).

3. Geologické poměry, tektonická stavba

Zvodnělé souvrství pískovců cenomanského stáří, jež je z hlediska akumulace podzemních vod v oblasti Ústí nad Labem zásadní, spočívá na podloží tvořeném metamorfovanými horninami krušnohorského krystalinika proterozoického a spodnopaleozoického stáří. Nadložní jizerské souvrství (turon) je tvořené v oblasti Děčína převážně pískovci. Na spojnici Ústí nad Labem- Litoměřice ale těleso pískovců vyklíňuje a dále k jihozápadu (v našem zájmové území) pokračuje jizerské souvrství pouze ve slínovcovém vývoji (mocnost 30-50 m). Teplické a březenské souvrství (svrchní turon až santon) představuje prakticky nerozlišitelný celek. Souvrství je budováno převážně vápnitými jílovci, slínovci a vápnitými prachovci. Sedimenty turonu (vyjma jeho nejstarších sedimentů) a santonu jsou tedy v zájmové oblasti jemnozrnné a z hlediska hydrogeologického se jedná na rozdíl od pískovců cenomanských o hydrogeologické izolátory. Druhohorní sedimenty české křídové pánve proráží a částečně překrývá vulkanosedimentární komplex Českého středohoří. Tělesa a žíly vulkanitů jsou hojně zastoupeny i v oblasti Ústí nad Labem.

Geologická stavba zájmového území je zásadním způsobem ovlivněna zlomovou tektonikou. Širší okolí Ústí nad Labem je součástí středohorské kry, nejhluběji zakleslého bloku hornin ve východní části tzv. oháreckého riftu (prolomu). Jedná se o rozsáhlý tektonický příkop zasahující na jihozápadě i do Německa a na severovýchodě do Polska. Zlomové linie související s vývojem oháreckého riftu přerušují sedimentární formace křídového souvrství a jeho podloží a rozdělují ho na dílčí kry. Ovlivňují tak zásadním způsobem režim přirozené cirkulace podzemních vod.

4. Vývoj hladin v posledních letech

Společným znakem hlubokých vrtů (vrtů zasahujících do bazálního kolektoru cenomanských pískovců), minimálně v centrální části struktury je, že se jedná o vrty artéské. Vydatnosti přelivu se pohybují v řádu litrů až první desítky litrů za sekundu.

Po odborné likvidaci starého vrtu na Střekově a pravděpodobně i vrtů „Sklárna“ a „Textilana II“ v Ústí n.L. v době omezení využití termální vody pro průmyslové účely na počátku 90.let 20.století bylo možno sledovat postupné zvyšování hladiny v oblasti ústecké termy. Nejlépe na vrtu ČHMÚ v Modlanech: VP8408, kde existuje záznam pohybu hladiny od roku 1964. V období let 1992-2018 docházelo k postupnému zvyšování piezometrické úrovně v důsledku zamezení ztrát termální vody nevyhovujícími jímacími vrty. Celkový vzestup piezometrické úrovně dosáhl téměř 20 m.

Od roku 2020 je ale patrný poměrně strmý poklesový trend piezometrické úrovně v zájmovém území. Pozorovaný pokles piezometrické úrovně ve vrtech odpovídá významnému zvýšení odběru / úniku podzemní vody z termální struktury oproti stavu z roku 1990, a to v řádu 10-20 l/s.

5. Modelové řešení proudění podzemní vody a transportu tepla

Byla provedena rešerše archívních podkladů, byla provedena identifikace historických vrtů a studní, jež je v některých případech obtížná (nejednoznačnost identifikace vrtů v jednotlivých archívních podkladech, informace o vrtech si v některých případech dokonce odporují).

Závěrečná etapa byla zacílena na ověření získaných dat a na návrh optimalizace odběrů a doporučení k ochraně ústecké termální struktury.

Pro oblast ústecké termální struktury byl sestaven numerický model proudění podzemní vody a šíření tepla v horninovém prostředí s využitím softwarového systému GMS. Je nutno upozornit, že celé území prošlo zásadními změnami, které mají významný vliv rovněž na oběh podzemní vody. Jedná se o historickou hlubinnou a novější historickou těžbu hnědého uhlí a následnou rekultivaci území v prostoru severozápadně od Ústí nad Labem. Těžba byla spojená s odvodňováním dolů, přeložkami a úpravami vodních toků, následná rekultivace pak se vznikem nových vodních těles. Uvedené změny mají dílčí vliv na pozici okrajových podmínek. Celková plocha modelového území dosahuje 404,7 km².

Použitá vstupní data pro modelové řešení byla získána komplexním vyhodnocením výsledků archívních geologických prací, doplněných interpretací provedených karotážních měření.

6. Karotážní měření ve vrtech

Cílem karotážního měření a televizních prohlídek bylo především ověřit aktuální technický stav a funkčnost vrtů, ověřit přítoky a vlastnosti vody z přítoků v různých místech ústecké termy. Dále bylo naším cílem sjednotit geologické popisy. Popisy hornin vytěžených z vrtů totiž prováděli v průběhu času různí geologové s poněkud jiným pohledem na věc, v průběhu let se kromě toho názory na zařazení horninových typů postupně vyvíjely.

Úkolem karotáže bylo však především zjistit příčiny pokračujícího úbytku tlaku na zhlavích vrtů, případně poklesu hladin ve vrtech se zakleslou hladinou.

Tomu byla přizpůsobena karotážní metodika. Poměrně široký komplex karotážních metod byl doplněn televizními prohlídkami prováděnými kamerou s otočným objektivem.



Obr. 1 Karotážní měření a televizní prohlídka vrtu v areálu koupaliště Klíše se uskutečnila za plného provozu

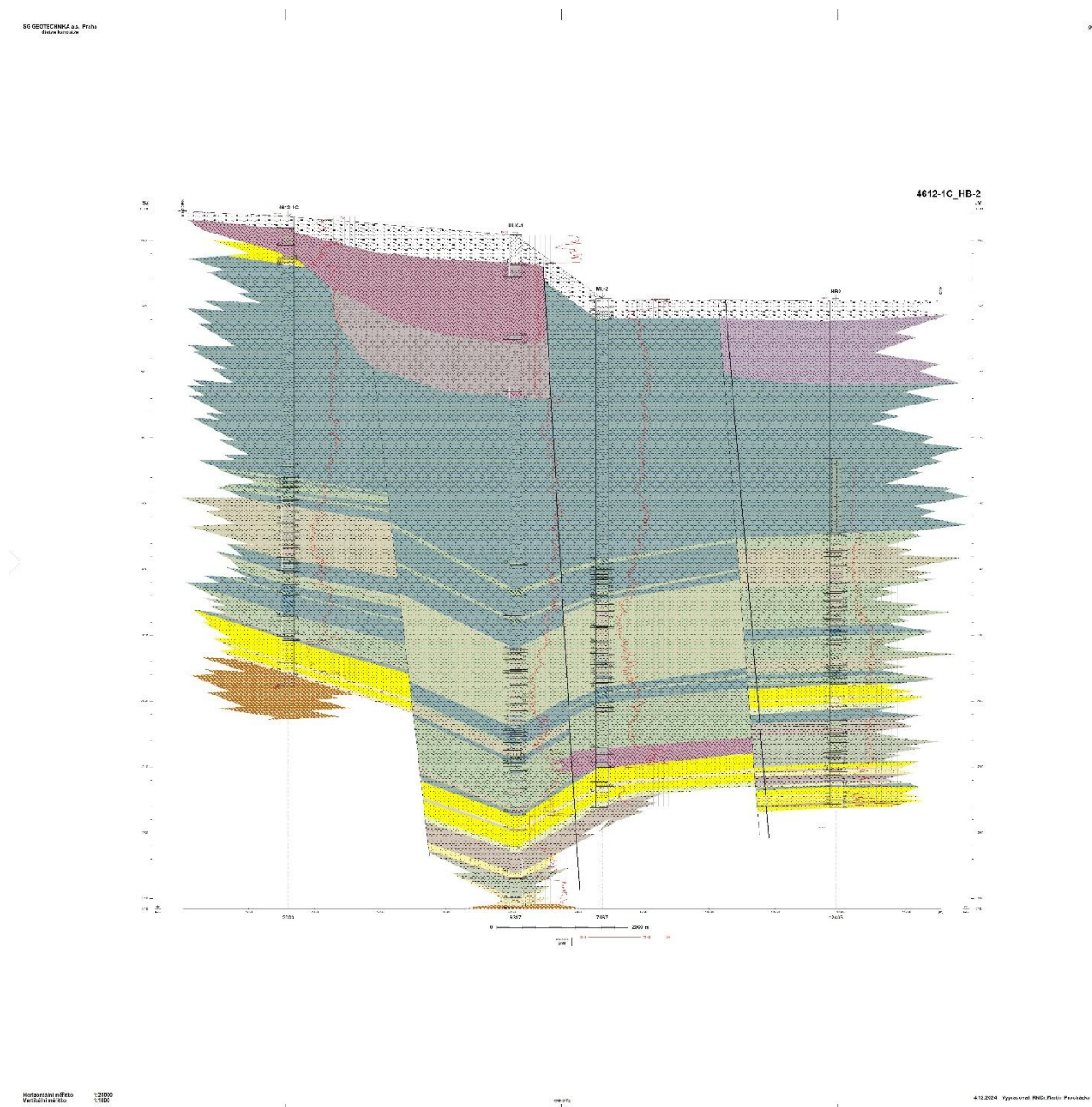
Výsledky karotážního měření a televizních prohlídek byly detailně popsány ve zprávách k jednotlivým vrtům. Ve zprávách byly podrobně popsány výsledky měření a jednotlivé vrty byly posouzeny z hlediska jejich funkčnosti.

Ve vrtu ML-2 Městské lázně byla zjištěna havárie výstroje a neřízený únik vody z termální struktury vinou poškozené výstroje. Tento únik vody se podílí na poklesu tlaku v celé ústecké termě.

Také ve vrtu ULK-1 na koupališti Klíše byl zjištěn otvor v ocelové výstroji, který však dosud nemá negativní vliv na jeho funkčnost, neboť průsakům vody mimo termu brání kvalitní cementace.

Ze staršího vrtu HB-1 dochází k nepatrnému průsaku mimo jeho prostor. Průsak je ale malý a na funkčnost vrtu ani na celou termální strukturu žádný významný vliv nemá.

Po roce 2001 byly ztráty termální vody pravděpodobně minimální. K obnovení ztrát v odhadované výši cca 10 l/s došlo až po roce 2019 v důsledku zhoršení technického stavu vrtu ML-2. Hodnoty ztrát, uváděné v archívních podkladech, je nutné pokládat za nejisté, protože aktuálně provedené práce nepotvrdily úniky vody uváděné archívními zdroji, například ztrátu uváděnou ve výši 12-15 l/s vrtem HB-1 v Brně.



Obr. 2 Příklad karotážního řezu přes oblast Ústí nad Labem ve směru SZ (Všebořice) - JV (Brná). Odstíny zelené barvy označují jemnozrnné sedimenty v nadloží pískovců (označeny žlutou barvou). Fialová šrafa označuje tělesa třetihorních vulkanitů a vulkanosedimentů (tufity).

V sedimentárním souvrství české křídové pánve se stejné horninové vrstvy zpravidla opakují i na dlouhé vzdálenosti. Pro každou horninovou vrstvu jsou příznačné konkrétní fyzikální vlastnosti, které ji odlišují od vrstev ostatních. Ve vrstevním sledu ve všech zpracovávaných vrtech jsou na karotážních křivkách dobře patrné i drobné změny fyzikálních vlastností, které se ve vrtech opakují. Znamená to, že horninové vrstvy (vyjma bazální části sedimentární pánve) jsou až na nepodstatné rozdíly na lokalitě prakticky identické ve všech zpracovávaných vrtech. Podařilo se tak sjednotit pohled na vrstevní sled v zájmovém území, sjednotit geologické popisy a spojit na delší vzdálenosti jednotlivé vrstvy, které jsou od ostatních makroskopicky nepoznatelné. Zvláštností ústecké termy je výrazná role tektoniky. Zlomky v širším okolí Labe způsobily posuny jednotlivých horninových bloků a některé z nich ve třetihorách posloužily jako přírodní kanály pro magma během aktivní fáze terciárního vulkanismu. Jak se na základě karotáže ukázalo, sehrávají důležitou roli i dosud: jako přírodní cesty vysoce mineralizované vody z hlubokého puklinového systému v podložním krystaliniku a jako přírodní cesty zemského tepla. Pro oblast je typický četný výskyt výlevných a intruzivních vulkanických hornin. Byly sestaveny tři karotážní řezy geotermální strukturou..

Byly porovnány vlastnosti vody v jednotlivých vrtech a jejich zonalita. Některé výsledky jsou do jisté míry překvapivé. Hodnoty konduktivity, jež jsou úměrné celkové mineralizaci, se v jednotlivých vrtech výrazně liší, a to od hodnoty 690 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve vrtu 4612-1C ve Všebořicích po 2700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ v blízkosti Labe ve vrtu ZOO-1 v zoologické zahradě. Téměř stejně vysoké hodnoty byly změřeny i v obou vrtech v Brně (už na pravém břehu Labe). Vyšší než ve Všebořicích na západním konci sledovaného území, ale zhruba třikrát nižší, než ve vrtech v blízkosti Labe byly zaznamenány konduktivity ve vrtech TH-10 Předlice, HU-1 Předlice a ULK-1 Klíše. Tam se konduktivita vody pohybuje v úzkém rozpětí hodnot 950-970 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Zdá se, jako by existovaly tři oddělené bloky s různou mineralizací vody.

Zajímavé je, že se ve všech případech jedná o vodu ze stejných vrstev pískovců bazálního kolektoru. Kdyby byly vrstvy propojené, naměřili bychom ve všech vrtech podobné hodnoty konduktivity. V důsledku složité tektoniky ale propojené nejsou (viz například obr.2- karotážní řez). Pravděpodobně podél zlomů, zvláště zlomů v okolí Labe, dochází k dotaci vody do bazálního kolektoru – cenomanských pískovců vysoce mineralizovanou vodou z podloží.

Zajímavý je i fakt, že není přímá souvislost mezi teplotou a celkovou mineralizací vody. Vrt s nejvyšší mineralizací vody nedosahuje nejvyšší teploty, a naopak ve vrtu s nejvyšší teplotou nedosahuje voda nejvyšší mineralizace.

Nejvyšší teplota byla zaznamenána ve spodní části vrtu ULK-1 Klíše: 36,2°C. V podobné hloubce ve vrtu ULZOO-1 dosahuje teplota 34,4°C. Ve vrtu TH-10 v Předlicích je to dokonce „pouze“ 28,7°C. Rozdíly teplot v rámci jediné struktury jsou tedy poměrně výrazné.

7. Bilance termální vody

Pro ústeckou geotermální oblast bylo sestaveno několik bilancí termální vody. První bilanční odhady jsou datovány do roku 1913. V 60. letech 20.století sestavila bilanci M.Hazdrová. V rámci hydrogeologické syntézy české křídové pánve v roce 1987 výpočet provedli F.Herčík a V.Nakládal. V.Nakládal v roce 2004 stanovil výpočtem maximální využitelné množství termální vody z ústecké termální struktury. S ohledem na výsledky provedených prací byly pro sestavení závislosti uvažovány ztráty vody pro různá období. Z výsledků je patrné, že v hodnocené struktuře se může vytvářet maximální celkové množství 50-55 l/s termální vody, z toho využitelné množství dosahuje 40 l/s při limitním snížení hladiny na kótu 140 m n.m.

8. Závěry

Byla provedena podrobná archivní rešerše podkladů vztahujících se k využívání termálních vod ve zkoumané oblasti, byla provedena terénní rekognoskace s cílem posoudit existenci a stav hydrogeologických objektů využívajících termální vodu ve zkoumaném území.

Ve všech hlubokých vrtech s termální vodou se uskutečnily televizní prohlídky a komplexní revizní karotážní měření plánovaným souborem metod, který byl přizpůsoben konstrukci vrtů. Alarmujícím zjištěním je nekontrolovatelný únik vody z vrtu ML-2. Únik termální vody v množství 8-10 l/s tímto vrtem má zásadní vliv na pokles piezometrické úrovně vody v celé geotermální struktuře.

Výstroj ve vrtu ULK-1 na koupališti Klíše rovněž místy vykazuje známky pokračující koroze. Z vrtu HB-1 v areálu termálního koupaliště v Brně byl zjištěn malý průsak vody, který ale na geotermální strukturu nemá praktický vliv. Ostatní vrty jsou dosud funkční a po technické stránce relativně v pořádku.

Na základě karotáže byly sjednoceny geologické popisy hornin. Bylo využito velmi úzkých korelací fyzikálních projevů jednotlivých horninových vrstev, což umožnilo interpretaci geologických profilů. Byly sestaveny tři

karotážní řezy geotermální strukturou. Bylo zjištěno, že jednotlivé horninové bloky jsou vzájemně různě výškově posunuté. Ukázalo se, že hlavní přítok termální vody ve všech vrtech pochází z první vrstvy čistého pískovce pod mocným souvrstvím jemnozrnných sedimentů (slínovce, prachovce). Další, zpravidla méně vydatné přítoky byly zaregistrovány z dalších vrstev pískovců.

Jednotlivé přítoky v rámci vrtu i v rámci celé struktury mají rozdílnou teplotu a mineralizaci. Nejvyšší a velmi podobnou mineralizaci má voda ve vrtech v blízkosti Labe (2400-2700 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Na západ od této oblasti dosahuje konduktivita vody téměř identické hodnoty 960-970 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ve vrtu ve Všebořicích na západním okraji Ústí n.L. je konduktivita termální vody nižší: 690 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Rovněž teploty jsou rozdílné, ve stejné hloubkové úrovni se liší až o cca 10°C. Nejvyšší teplota byla zaznamenána ve spodní části vrtu (490 m) na koupališti Klíše: 36,2°C.

Všechny tyto charakteristické vlastnosti termální vody v ústecké struktuře nepochybně souvisejí s tektonickou stavbou oblasti, pravděpodobně též s dotací vysoce mineralizované vody z podloží v místě zlomů a možná i se skutečností, že hydrogeologické poměry v jednotlivých horninových blocích vymezených tektonikou jsou do jisté míry autonomní právě v rámci těchto bloků. Jedná se o hypotézu, která by mohla vysvětlit některé souvislosti, jež z provedených měření vyplynuly.

Bylo zpracováno modelové řešení proudění podzemní vody a transportu tepla v ústecké termální struktuře. Byla sestavena, a pomocí modelového řešení ověřena, bilance termálních vod v oblasti Ústí nad Labem. V hodnocené struktuře se vytváří 50-55 l/s termální vody, z toho využitelné množství dosahuje 40 l/s při limitním snížení piezometrické úrovně na kótu 140 m n.m. Výsledky bilance termálních vod jsou v souladu s dřívějšími výsledky dalších autorů.

Využitelný tepelný výkon a využití její tepelné energie prostřednictvím tepelných čerpadel je možné vyčíslit celkově na 3,34 MW při uvažovaném snížení teploty vody o 20°C.

Bylo doporučeno neprodleně zahájit přípravu náhrady a likvidace vrtu ML-2, který je v havarijním stavu.

V době, kdy vzniká tento příspěvek, tyto práce právě probíhají. V době konání kongresu na počátku září 2026 budou snad, pokud půjde vše tak, jak si všichni přejeme, k dispozici aktuální informace, jak náhrada a likvidace vrtu proběhly.

Bylo doporučeno osadit vybrané hydrogeologické objekty dataloggerů pro kontinuální měření zbytkového tlaku v jímáných vrtech a piezometrické úrovně termální vody ve vrtech nevyužívaných.

Bylo doporučeno v pravidelném intervalu 10 let provádět kontrolu technického stavu vrtů v ústecké geotermální struktuře kamerovou prohlídkou a karotážním měřením.

Poděkování: Výsledky našich pozorování, závěry a doporučení byly v průběhu zakázky průběžně konzultovány se zástupci objednatele, jímž bylo Statutární město Ústí nad Labem. Na závěr bychom rádi poděkovali zástupcům Statutárního města Ústí nad Labem za velmi vstřícný přístup a za pomoc poskytovanou v celém průběhu zakázky.